

電極形成方法

技術分野

本発明は、固体電解質の表面付近に電極を形成する電極形成方法、及びその電極形成方法を用いて電極を形成するアクチュエータの製造方法に関する。

背景技術

屈曲若しくは変位が可能なアクチュエータ、特に高分子アクチュエータは、その柔軟性によりカテーテル等の駆動部として用いられている。前記アクチュエータとしては、例えば、イオン交換樹脂膜とその表面に相互に接合した金属電極からなり、該イオン交換樹脂膜の含水状態において、金属電極間に電位差をかけることによりイオン交換樹脂成形品に湾曲または変形を生じさせることが可能であるアクチュエータとして用いることができる。このアクチュエータを得る方法としては、特許第2961125号において、イオン交換樹脂膜に白金錯体あるいは金錯体を吸着させて、還元剤で還元し、無電解メッキにより電極の形成を行い、この吸着・還元の工程を繰り返していた。この電極形成方法により、イオン交換樹脂膜の内部方向に金属が成長するので、イオン交換樹脂膜に施されるメッキの金属量を多くすることが可能であり、大きな電極表面積を得ることが可能であるために、屈曲若しくは変位が大きいアクチュエータを得ることができる。特に、上記の電極形成方法は、固体電解質であるイオン交換樹脂膜に形成される金属電極層が断面においてフラクタル構造を形成しており、大きな電極表面積を有するので、屈曲若しくは変位が大きいアクチュエータを得ることが可能である。

しかし、上述の大きな電極表面積を有するアクチュエータを得るには、前記の無電解メッキによる電極形成方法により電極を形成する必要があるので、吸着工程と還元工程を繰り返して行うために数日間の製造日数が必要とされる。そのため、前記アクチュエータを大量に生産するには、電極層を形成するための工程を

短縮する必要がある。また、吸着工程から還元工程へ、または還元工程から吸着工程へ移る際に、イオン交換樹脂膜を引き上げるなど、人手も必要である。

また、金属塩溶液の吸着工程と還元剤による還元工程とを繰り返さずにイオン交換樹脂膜に電極層を形成する方法としては、特公昭 56-36873 において、イオン交換膜を挟んで、その一面に濃度 3 重量%の金属塩溶液を配し、他面から濃度 10 重量%の還元剤溶液を浸透せしめて、金属塩溶液側の膜面上に金属層を析出せしめる還元剤浸透法が提案されている。しかし、この方法は、均一な厚さの電極を得るのには適しているが、大きな電極表面積を得ることが難しく、上述の大きな電極表面積を有し、大きな屈曲若しくは変位をするアクチュエータを得ることはできない。

つまり、固体電解質に形成される電極層の形成方法について、大きな電極表面積を有する電極層を得ることが可能な方法で、しかも、電極層の形成に要する工程数を短縮でき、人手も削減することが課題となる。

発明の開示

本願発明の電極形成方法は、固体電解質成形品を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液とが配され、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の還元剤溶液側の界面付近に金属を析出させて固体電解質成形品に電極を形成する電極形成方法である。前記電極形成方法を用いることにより、大きな電極表面積を有する電極層を得ることが可能であり、しかも、金属錯体の吸着と還元とを同時に並行して行うことができるので電極層の形成に要する工程数を短縮することが可能である。

また、本願発明は、前記固体電解質成形品が管状若しくは筒状の固体電解質成形品であり、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることが、次の工程（１）または工程（２）のいずれかの工程により行われる電極形成方法でもある。工程（１）：前記固体電解質成形品の外側面が還元剤溶液と接するように

前記固体電解質成形品を還元剤溶液に浸漬し、金属塩溶液を前記固体電解質成形品の内側に流して前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の外側面に金属を析出させる工程。工程（２）：前記固体電解質成形品の外側面が金属塩溶液と接するように前記固体電解質成形品を金属塩溶液に浸漬し、還元剤溶液を前記固体電解質成形品の内側に流して前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の内側面に金属を析出させる工程。この電極形成方法を用いることにより、管状若しくは筒状の固体電解質成形品の外側面または内面に金属を析出させる際に消耗した金属塩または還元剤を管状体内部に絶えず供給することができ、金属塩溶液または還元剤溶液の濃度調整を厳密に行うことなしに、大きな電極表面積を有する電極層を得ることが可能である。しかも、この電極形成方法は、金属錯体の吸着と還元とを同時に並行して行うことができるので電極層の形成に要する工程数を短縮することが可能であり、簡易に電極を形成することができる。

図面の簡単な説明

第１図は、本発明の一の実施態様の概略断面図である。

第２図は、本発明の他の実施態様の概略断面図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明について図を用いて説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。本発明は、固体電解質成形品を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液とが配され、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の還元剤溶液側の界面付近に金属を析出させて固体電解質成形品に電極を形成する電極形成方法である。

第１図は、本発明の一の実施態様についての図であり、具体的には、本発明の電極形成方法について、箱型の容器に膜状の固体電解質成形品を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液とを配した実施態様についての概略断面図である。固体電解質成形品２は、２面を備えた固体電解質成形品であり、膜状の固体電解質成形品であ

る。固体電解質成形品 2 は、上部が開口した箱状の容器 1 の中央付近に設置され、金属塩溶液と還元剤溶液とは固体電解質成形品 2 を介して分離されるように固体電解質成形品 2 を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液が配されている。金属塩溶液は、金属塩溶液側の固体電解質成形品界面 2 1 から浸透して、還元剤溶液側に移行し、還元剤溶液側の固体電解質成形品界面 2 2 へと移行する。この移行により金属塩溶液中の金属錯体が還元剤溶液中の還元剤と反応して還元剤溶液側の固体電解質成形品界面 2 2 に金属が析出し、さらに、金属塩溶液が還元剤溶液側に継続的に移行して金属層が金属の析出により金属塩溶液側の方向に成長し、フラクタル状の非平滑な金属層が形成される。また、フラクタル状の非平滑な金属層が形成された膜を裏返して、さらに反対側へ、同様の方法でフラクタル状の非平滑な電極を形成することができる。このフラクタル状の非平滑な金属層は、固体電解質層と金属層との界面に広い金属層の表面積（電極表面積）を有しているために、アクチュエータ素子の電極として通電した場合には、平滑な金属層の電極に比べて大きな電気二重層容量および多くの電極活性点を備えているために、通電の際に移動するイオンが増大するためにアクチュエータ素子としての変位量が増大することとなる。前記アクチュエータ素子は、固体電解質層と金属層とが接合された状態を形成する。なお、本願において表面積とは、固体電解質層との界面の面積を意味するものである。

（固体電解質成形品）

本発明において用いる固体電解質成形品は、金属塩溶液と還元剤溶液とを仕切ることができる形状が特に限定されるものではないが、固体電解質成形品において金属塩溶液の浸透と金属の析出とが均一に起こり易くするために、均一な膜厚さを備えた固体電解質成形品を用いることが好ましい。均一な膜厚さを備えた固体電解質成形品としては、相対する 2 面を備えた固体電解質成形品、つまり平板上若しくは膜状などの固体電解質成形品を用いることができ、また、管状若しくは筒状の固体電解質成形品も用いることができる。前記の相対する 2 面は、互いに向かいあう面を 2 つ備えていれば良く、前記の面は平面であっても曲面であってもよく、平滑面であっても粗面であってもよい。なお、固体樹脂成形品の厚

さは、特に限定されるものではなく、10 cm以内の範囲で形成することができ、2 cm以内であることが好ましい。

前記固体電解質成形品は、金属塩溶液の浸透が容易であり、加工が容易であることからイオン交換樹脂を主として構成されていることが好ましい。前記イオン交換樹脂としては、特に限定されるものではなく、公知の樹脂を用いることができ、例えばポリエチレン、ポリスチレン、フッ素樹脂などにスルホン酸基、カルボキシル基などの親水性官能基を導入したものをを用いることができる。特に、前記イオン交換樹脂としては、フッ素樹脂にスルホン酸基及び／またはカルボキシル基を導入した陽イオン交換樹脂を用いることが、剛性が適度でありイオン交換量が大きく、耐薬品性及び繰り返し曲げに対する耐久性が良好であるために高分子アクチュエータ素子として好ましい。なお、前記陽イオン交換樹脂のイオン交換容量は、アクチュエータ素子として大きな変位量を得るために、0.8～3.0 meqであることが好ましく、1.4～2.0 meq/qであることがより好ましい。このような樹脂としては、例えばパーフルオロスルホン酸樹脂（商品名「Nafion」、DuPont社製）、パーフルオロカルボン酸樹脂（商品名「フレミオン」、旭硝子社製）、ACIPLIX（旭化成工業社製）、NEOSEPTA（トクヤマ社製）を用いることができる。

（金属塩溶液）

本発明において用いられる金属塩溶液は、金属塩が溶解されているものであれば、固体電解質成形品の形状にかかわらず、特に限定されるものではなく、公知の溶媒、添加剤等を少量含んでいてもよい。前記金属塩としては、金属の無機塩、有機塩または錯体であれば良いが、イオン化傾向の小さい金属が電気化学的に安定であるために金錯体、白金錯体、パラジウム錯体、ロジウム錯体、ルテニウム錯体等の金属錯体を使用することが好ましく、析出した金属が電極として水中で使用されるため、通電性が良好で電気化学的な安定性に富んだ貴金属からなる金属錯体が好ましく、さらに電気分解が比較的起こり難い金からなる金錯体が好ましい。前記金属塩溶液は、溶媒が特に限定されるものではないが、金属塩の溶解

が容易であって取り扱いが容易であることから溶媒が水を主成分とすることが好ましく、前記金属塩溶液が金属塩水溶液であることが好ましい。したがって、前記金属塩溶液としては、金属錯体水溶液であることが好ましく、特に金錯体水溶液または白金錯体水溶液であることが好ましく、さらに金錯体水溶液が好ましい。前記金属塩溶液の金属塩濃度は、固体電解質成形品に析出させる金属量よりも十分な量の金属塩を含んでいれば特に限定されるものではなく、通常は無電解メッキにより電極を形成する場合に用いられる金属塩溶液と同等の濃度を用いることも可能である。

（還元剤溶液）

本発明において用いられる還元剤溶液は、還元剤が溶解されているものであれば、固体電解質成形品の形状にかかわらず、特に限定されるものではない。前記還元剤としては、固体電解質成形品に浸透される金属塩溶液に使用される金属塩の種類に応じて、種類を適宜選択して使用することができ、例えば亜硫酸ナトリウム、ヒドラジン、水素化ホウ素ナトリウム等を用いることができる。なお、金属塩を還元する際に、必要に応じて、酸またはアルカリを添加してもよい。前記還元剤溶液の濃度は、金属錯体の還元により析出させる金属量を得ることができるのに十分な量の還元剤を含んでいればよく、特に限定されるものではないが、通常は無電解メッキにより電極を形成する場合に用いられる金属塩溶液と同等の濃度を用いることも可能である。

（金属塩溶液の浸透）

本発明の電極形成方法は、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させ、前記固体電解質成形品の還元剤溶液側の固体電解質成形品と還元剤溶液との界面の付近で金属塩の還元が行われ、還元により金属が前記界面付近に析出し、成長して電極を形成させるのである。金属塩溶液を固体電解質成形品に浸透させる方法としては、固体電解質の形状にかかわらず、特に限定されるものではなく、電気泳動による方法、金属塩溶液と還元剤溶液の濃度差（浸透圧）を利用する方法、金属塩溶液と還元剤溶液の温度差等を利用した方法など公知の浸透方法により行

うことが可能である。金属塩溶液を固体電解質成形品に浸透させる方法は、金属塩溶液に用いられる金属種やその濃度、還元剤溶液に用いられる還元剤種やその濃度に応じて適宜選択することが可能である。温度差を利用した方法により金属塩溶液の浸透を行う場合には、各溶液が沸点以下の良好な流動性を示す温度範囲において、金属塩溶液の液温を還元剤溶液の液温よりも 5℃以上高くすることにより、金属塩溶液を固体電解質形成品に短時間で容易に浸透させることができる。

(管状若しくは筒状の固体電解質成形品)

第 2 図は、本発明の他の実施態様についての図であり、本発明に用いられる固体電解質成形品が管状若しくは筒状の固体電解質成形品について実施態様の一例を示した図である。より具体的には、第 2 図は、管状の固体電解質成形品 3 を外側面が還元剤溶液と接するように固体電解質成形品 3 を還元剤溶液に浸漬し、金属塩溶液を固体電解質成形品 3 の内側の空間部に流して、前記金属塩溶液を前記固体電解質 3 の外側面方向に浸透させることにより、前記固体電解質成形品 3 の外側面と還元剤溶液の界面付近に金属を析出させる工程を行った場合の実施態様についての概略図である。固体電解質成形品 3 は、各開口部に、金属塩溶液を導くための導管 4 と排出するための排水管 5 とを連通するように備えている。金属塩溶液は、導管 4 の端部 4 1 から導入されて固体電解質成形品 3 の内側の空間部へと送られ、排水管 5 の端部 5 1 から排出される。金属塩溶液は、固体電解質成形品 3 の空間部へと送られ、固体電解質成形品 3 の外側面へと浸透し、浸透した金属塩が固体電解質成形品 3 の外側面付近で還元されて析出し、金属層である電極が形成される。

管状若しくは筒状の固体電解質成形品の外側面が還元剤溶液と接するように前記固体電解質成形品を還元剤溶液に浸漬し、金属塩溶液を前記固体電解質成形品の内側に流して、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の外側面に金属を析出させる工程を用いた場合には、本発明の電極の金属塩溶液を前記管状体の内側に流して前記金属塩溶液を前記固

体電解質に浸透させているので、金属の析出によって内側の空間部での金属塩溶液の金属塩濃度が低下しても、新たな金属塩溶液が流れていることにより固体電解質成形品の内側の空間部での金属塩溶液濃度をほぼ一定に保つことが可能である。そのために、この場合においては、析出による金属濃度減少を考慮して金属塩溶液を調整する必要がないので、工程作業も容易である。金属塩溶液を管状体の内側の空間部に流す方法としては、金属塩溶液を流動させる方法であれば特に限定されるものではない。なお、管状若しくは筒状の固体電解質成形品を用いる本発明の電極形成方法は、金属塩溶液を流して循環させるために循環用チューブを管状若しくは筒状の固体電解質成形品の両端に取り付け、金属塩溶液を循環させるためのポンプと金属塩溶液の温度調整可能な金属塩溶液タンクとを前記循環用チューブを介して接続して、金属塩溶液を循環可能にする電極形成方法が好ましい。

また、第2図においては、本発明の電極の製造方法において金属塩溶液を前記管状体の内側に流して前記金属塩溶液を前記固体電解質に浸透させる実施態様を示した図であるが、本発明の電極の製造方法は還元剤溶液を前記管状体の内側に流して前記金属塩溶液を前記固体電解質に浸透させる実施態様も可能である。この方法の場合、金属塩溶液は管状体の内側面方向に浸透し、内側面において電極である金属層が形成されるので、金属の析出によって内側の空間部での還元剤溶液の還元剤濃度が低下しても、新たな還元剤溶液が流れていることにより固体電解質成形品の内側の空間部での還元剤溶液濃度をほぼ一定に保つことが可能である。このため、本発明の電極形成方法は、金属塩の還元による還元剤濃度の減少を考慮して還元剤溶液を調整する必要がないので、工程作業も容易である。

(アクチュエータ素子)

本発明の電極形成方法を用いることにより、固体電解質成形品に固体電解質層と金属の電極層との複層体を得られるのであるが、この複層体は、そのまま若しくは公知の方法を適宜施すことによりアクチュエータ素子として用いることができる。したがって、固体電解質成形品の還元剤溶液側に金属を析出させて固体電

解質成形品に電極を形成した後に、洗浄剤による洗浄工程を行っても良く、レーザー光を金属電極が形成されたイオン交換樹脂成形品に照射して金属電極の一部を削って電極間の絶縁帯を設けても良い。イオン交換樹脂成形品に含まれるカチオンをアルキルアンモニウムイオンとしても良い。また、前記積層体は、管状若しくは筒状であるために中央付近に連通した空間部を有しているが、該空間部に固体電解質やゴム等を充填することにより、多角柱状や円柱状等としてもよい。

本発明の電極形成方法を用いることにより、厚さが1 mm以上であり、固体電解質層と電極層とを備えた積層体を得ることができる。従来法である吸着工程、還元工程及び洗浄工程を独立の工程として繰り返し行う無電解メッキ方法では、厚さが1 mmである固体電解質成形品に電極層を形成するには、最初の吸着工程において金属塩を十分に吸着させるために固体電解質成形品を金属塩溶液に1日間浸漬する必要がある、最初の還元工程において十分に金属を析出させるために還元剤溶液中に3日以上浸漬する必要がある。さらに、吸着工程及び還元工程を繰り返していくことにより、2番目以降の吸着工程及び還元工程での吸着及び還元の速度は低下し、各工程での浸漬する時間が更に必要となる。したがって、従来法では、厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体を得ることは困難であり、大型化した固体電解質層と電極層とを備えた積層体を得ることはさらに困難である。厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体は、アクチュエータ素子として駆動可能な積層体として、電極層に電圧を印加することにより大きな力を得ることができるので、好適に用いることができる。厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体は、電気化学的デバイスとして好適に用いることができる。

本発明の電極形成方法を用いることにより、厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体を得ることができ、特に厚さが2 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体を得ることができる。また、本発明の電極形成方法を用いることにより、アクチュエータ素子として駆動可能な積層体であって、厚さが5 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体も得る

ことができる。本発明の電極形成方法を用いることにより得られた積層体は、アクチュエータとして用いることができるために種々の装置に用いることができる。特に、アクチュエータとして駆動可能な積層体であって、厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体は、一般的な機械機器等の用途に用いることができ、モーターに比べて振動及び音を発生することがないので有利である。

前記積層体において、例えば、本発明の電極形成方法により管状体の外面に伸縮可能なように電極層を設けて、対向電極を別の部材として用意した場合には電解液中で直線的な変位を生じるアクチュエータ素子として用いることができる。前記の積層体において、例えば、本発明の電極形成方法により管状体の外面に電極層を設けて、エキシマレーザーにより電極層の一部を削って電極間の絶縁帯を設けることにより対面する電極対を形成した場合には、屈曲の変位を生じるアクチュエータ素子として用いることができる。直線的な変位若しくは屈曲の変位を生じるアクチュエータ素子は、直線的な駆動力を発生する駆動部、または円弧部からなるトラック型の軌道を移動するための駆動力を発生する駆動部として用いることができる。さらに、前記アクチュエータ素子は、直線的な動作をする押圧部として用いることもできる。

即ち、前記アクチュエータ素子は、OA機器、アンテナ、ベッドや椅子等の人を乗せる装置、医療機器、エンジン、光学機器、固定具、サイドトリマ、車両、昇降器械、食品加工装置、清掃装置、測定機器、検査機器、制御機器、工作機械、加工機械、電子機器、電子顕微鏡、電気かみそり、電動歯ブラシ、マニピュレータ、マスト、遊戯装置、アミューズメント機器、乗車用シミュレーション装置、車両乗員の押さえ装置及び航空機用付属装備展張装置において、直線的な駆動力を発生する駆動部若しくは円弧部からなるトラック型の軌道を移動するための駆動力を発生する駆動部、または直線的な動作若しくは曲線的な動作をする押圧部として好適に用いることができる。前記アクチュエータ素子は、例えば、OA機器や測定機器等の上記機器等を含む機械全般に用いられる弁、ブレーキ及びロッ

ク装置において、直線的な駆動力を発生する駆動部もしくは円弧部からなるトラック型の軌道を移動するための駆動力を発生する駆動部、または直線的な動作をする押圧部として用いることができる。また、前記の装置、機器、器械等以外においても、機械機器類全般において、位置決め装置の駆動部、姿勢制御装置の駆動部、昇降装置の駆動部、搬送装置の駆動部、移動装置の駆動部、量や方向等の調節装置の駆動部、軸等の調整装置の駆動部、誘導装置の駆動部、及び押圧装置の押圧部として好適に用いることができる。また、前記アクチュエータ素子は、回転的な運動をすることができるので、切替え装置の駆動部、搬送物等の反転装置の駆動部、ワイヤー等の巻取り装置の駆動部、牽引装置の駆動部、及び首振り等の左右方向への旋回装置の駆動部としても用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、CAD用プリンター等のインクジェットプリンターにおけるインクジェット部分の駆動部、プリンターの前記光ビームの光軸方向を変位させる駆動部、外部記憶装置等のディスクドライブ装置のヘッド駆動部、並びに、プリンタ、複写機及びファックスを含む画像形成装置の給紙装置における紙の押圧接触力調整手段の駆動部として好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、電波天文用の周波数共用アンテナ等の高周波数給電部を第2焦点へ移動させるなどの測定部や給電部の移動設置させる駆動機構の駆動部、並びに、車両搭載圧空作動伸縮マスト（テレスコーピングマスト）等のマストやアンテナにおけるリフト機構の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、椅子状のマッサージ機のマッサージ部の駆動部、介護用又は医療用ベットの駆動部、電動リクライニング椅子の姿勢制御装置の駆動部、マッサージ機や安楽椅子等に用いられるリクライニングチェアのバックレスト・オットマンの起倒動自在にする伸縮ロッドの駆動部、椅子や介護用ベッド等における背もたれやレッグレスト等の人を乗せる家具における可倒式の椅子の背もたれやレッグレスト或いは介護用ベッドの寝台の旋回駆動等に用い

られる駆動部、並びに、起立椅子の姿勢制御のため駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、検査装置の駆動部、体外血液治療装置等に用いられている血圧等の圧力測定装置の駆動部、カテーテル、内視鏡装置や鉗子等の駆動部、超音波を用いた白内障手術装置の駆動部、顎運動装置等の運動装置の駆動部、病弱者用ホイスのシャシの部材を相対的に伸縮させる手段の駆動部、並びに、介護用ベッドの昇降、移動や姿勢制御等のための駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、エンジン等の振動発生部からフレーム等の振動受部へ伝達される振動を減衰させる防振装置の駆動部、内燃機関の吸排気弁のための動弁装置の駆動部、エンジンの燃料制御装置の駆動部、並びにディーゼルエンジン等のエンジンの燃料供給装置の駆動部として好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、手振れ補正機能付き撮像装置の校正装置の駆動部、家庭用ビデオカメラレンズ等のレンズ駆動機構の駆動部、スチルカメラやビデオカメラ等の光学機器の移動レンズ群を駆動する機構の駆動部、カメラのオートフォーカス部の駆動部、カメラ、ビデオカメラ等の撮像装置に用いられるレンズ鏡筒の駆動部、光学望遠鏡の光を取り込むオートガイダの駆動部、立体視カメラや双眼鏡等の2光学系を有する光学装置のレンズ駆動機構または鏡筒の駆動部、光通信、光情報処理や光計測等に用いられるファイバ型波長可変フィルタの波長変換のファイバに圧縮力を与える駆動部若しくは押圧部、光軸合せ装置の駆動部、並びに、カメラのシャッタ機構の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、ホース金具をホース本体にカシメ固定する等の固定具の押圧部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、自動車のサスペンションの巻ばね等の駆動部、車両のフューエルフィラーリッドを解錠するフューエルフィラーリッドオープナーの駆動部、ブルドーザーブレードの伸張及び引っ込みの駆動の駆動部、自動車用変速機の変速比を自動的に切り替える為やクラッチを自動的に断接させる為の駆動装置の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、座板昇降装置付車椅子の昇降装置の駆動部、段差解消用昇降機の駆動部、昇降移載装置の駆動部、医療用ベッド、電動ベッド、電動テーブル、電動椅子、介護用ベッド、昇降テーブル、CTスキャナ、トラックのキャビンチルト装置、リフター等や各種昇降機械装置の昇降用の駆動部、並びに重量物搬送用特殊車両の積み卸し装置の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、食品加工装置の食材吐出用ノズル装置等の吐出量調整機構の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、清掃装置の台車や清掃部等の昇降等の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、面の形状を測定する3次元測定装置の測定部の駆動部、ステージ装置の駆動部、タイヤの動作特性を検知システム等のセンサー部分の駆動部、力センサーの衝撃応答の評価装置の初速を与える装置の駆動部、孔内透水試験装置を含む装置のピストンシリンダのピストン駆動装置の駆動部、集光追尾式発電装置における仰角方向へ動かすための駆動部、気体の濃度測定装置を含む測定装置のサファイアレーザー発振波長切替機構のチューニングミラーの振動装置の駆動部、プリント基板の検査装置や液晶、PDPなどのフラットパネルディスプレイの検査装置においてアライメントを必要とする場合にXY θ テーブルの駆動部、電子ビーム(Eビーム)システム又はフォーカストイオンビーム(FIB)システムなどの荷電粒子ビームシステム等において用いる調

節可能なアパーチャ装置の駆動部、平面度測定器における測定対象の支持装置若しくは検出部の駆動部、並びに、微細デバイスの組立をはじめ、半導体露光装置や半導体検査装置、3次元形状測定装置などの精密位置決め装置の駆動部に好適に使用できる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、電気かみそりの駆動部、並びに、電動歯ブラシの駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、三次元物体の撮像デバイス或いはCD、DVD共用の読み出し光学系の焦点深度調整用デバイスの駆動部、複数のアクチュエータ素子によって駆動対象面を能動曲面としてその形状を変形させることによって所望の曲面を近似的に形成して焦点位置を容易に可変できる可変ミラーの駆動部、光ピックアップ等の磁気ヘッドの少なくとも一方を有する移動ユニットを直線移動させることが可能なディスク装置の駆動部、リニアテープストレージシステム等の磁気テープヘッドアクチュエータ素子センブリのヘッド送り機構の駆動部、電子写真方式の複写機、プリンタ、ファクシミリなどに適用される画像形成装置の駆動部、磁気ヘッド部材等の搭載部材の駆動部、集束レンズ群を光軸方向に駆動制御する光ディスク原盤露光装置の駆動部、光ヘッドを駆動するヘッド駆動手段の駆動部、記録媒体に対する情報の記録又は記録媒体に記録された情報の再生を行う情報記録再生装置の駆動部、並びに、回路しゃ断器（配電用回路しゃ断器）の開閉操作の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、ゴム組成物のプレス成形加硫装置の駆動部、移送される部品について単列・単層化や所定の姿勢への整列をさせる部品整列装置の駆動部、圧縮成形装置の駆動部、溶着装置の保持機構の駆動部、製袋充填包装機の駆動部、マシニングセンタ等の工作機械や射出成形機やプレス機等の成形機械等の駆動部、印刷装置、塗装装置やラッカ吹き付け装置等の流体塗布装置の駆動部、カムシャフト等を製造する製造装置の駆動部、覆工材の吊上げ装置の駆動部、無杼織機における房耳規制体等の駆動装置、タフティング機の針駆動

システム、ルーパー駆動システム、およびナイフ駆動システム等の駆動部、カム研削盤や超精密加工部品等の部品の研磨を行う研磨装置の駆動部、織機における綜統枠の制動装置の駆動部、織機における緯糸挿通のための経糸の開口部を形成する開口装置の駆動部、半導体基板等の保護シート剥離装置の駆動部、通糸装置の駆動部、CRT用電子銃の組立装置の駆動部、衣料用縁飾り、テーブルクロスやシートカバー等に用途をもつトーションレースを製造するためのトーションレース機におけるシフターフォーク駆動選択リニア制御装置の駆動部、アニールウィンドウ駆動装置の水平移動機構の駆動部、ガラス溶融窯フォアハースの支持アームの駆動部、カラー受像管の蛍光面形成方法等の露光装置のラックを進退動させる駆動部、ボールボンディング装置のトーチアームの駆動部、ボンディングヘッドのXY方向への駆動部、チップ部品のマウントやプローブを使った測定などにおける部品の実装工程や測定検査工程の駆動部、基板洗浄装置の洗浄具支持体の昇降駆動部、ガラス基板を走査される検出ヘッドを進退させる駆動部、パターンを基板上に転写する露光装置の位置決め装置の駆動部、精密加工などの分野におけるサブミクロンのオーダで微小位置決め装置の駆動部、ケミカルメカニカルポリッシングツールの計測装置の位置決め装置の駆動部、導体回路素子や液晶表示素子等の回路デバイスをリソグラフィ工程で製造する際に用いられる露光装置及び走査露光装置に好適なステージ装置の位置決めのための駆動部、ワーク等の搬送あるいは位置決め等の手段の駆動部、レチクルステージやウエハステージ等の位置決めや搬送のための駆動部、チャンバ内の精密位置決めステージ装置の駆動部、ケミカルメカニカルポリッシングシステムでのワークピースまたは半導体ウェーハの位置決め装置の駆動部、半導体のステッパー装置の駆動部、加工機械の導入ステーション内に正確に位置決めする装置の駆動部、NC機械やマシニングセンター等の工作機械等またはIC業界のステッパーに代表される各種機器用のパッシブ除振及びアクティブ除振の除振装置の駆動部、半導体素子や液晶表示素子製造のリソグラフィ工程に使用される露光装置等において光ビーム走査装置の基準格子板を前記光ビームの光軸方向に変位させる駆動部、並びに、コンベヤの横断方向に物品処理ユニット内へ移送する移送装置の駆動部に好適に使用できる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、電子顕微鏡等の走査プローブ顕微鏡のプローブの位置決め装置の駆動部、並びに、電子顕微鏡用試料微動装置の位置決め等の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、自動溶接ロボット、産業用ロボットや介護用ロボットを含むロボットまたはマニピュレータにおけるロボットアームの手首等に代表される関節機構の駆動部、直接駆動型以外の関節の駆動部、ロボットの指のそのもの、ロボット等のハンドとして使用されるスライド開閉式チャック装置の運動変換機構の駆動部、細胞微小操作や微小部品の組立作業等において微小な対象物を任意の状態に操作するためのマイクロマニピュレータの駆動部、開閉可能な複数のフィンガーを有する電動義手等の義肢の駆動部、ハンドリング用ロボットの駆動部、補装具の駆動部、並びにパワースーツの駆動部に好適に用いることができる

前記アクチュエータ素子は、例えば、サイドトリマの上回転刃又は下回転刃等を押圧する装置の押圧部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、パチンコ等の遊戯装置における役物等の駆動部、人形やベットロボット等のアミューズメント機器の駆動部、並びに、乗車用シミュレーション装置のシミュレーション装置の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、上記機器等を含む機械全般に用いられる弁の駆動部に用いることができ、例えば、蒸発ヘリウムガスの再液化装置の弁の駆動部、ベローズ式の感圧制御弁の駆動部、綜統枠を駆動する開口装置の駆動部、真空ゲート弁の駆動部、液圧システム用のソレノイド動作型制御バルブの駆動部、ピボットレバーを用いる運動伝達装置を組み込んだバルブの駆動部、ロケットの

可動ノズルのバルブの駆動部、サックバックバルブの駆動部、並びに、調圧弁部の駆動部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、上記機器等を含む機械全般に用いられるブレーキの押圧部として用いることができ、例えば、非常用、保安用、停留用等のブレーキやエレベータのブレーキに用いて好適な制動装置の押圧部、並びに、ブレーキ構造もしくはブレーキシステムの押圧部に好適に用いることができる。

前記アクチュエータ素子は、例えば、上記機器等を含む機械全般に用いられるロック装置の押圧部として用いることができ、例えば、機械的ロック装置の押圧部、車両用ステアリングロック装置の押圧部、並びに、負荷制限機構及び結合解除機構を合わせ持つ動力伝達装置の押圧部に好適に用いることができる。

(実施例)

以下、本発明の実施例及び比較例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例 1)

膜厚 $200\mu\text{m}$ の膜状フッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製、イオン交換容量 1.44 meq/g ）を固体電解質成形品とし、前記イオン交換樹脂成形品の膜の両面に #800 のアルミナ粒子で表面粗化を行った後、前記イオン交換樹脂成形品を上部が開口した箱状である公知のプラスチック製容器の間仕切りとなるように設置して、一方の側にジクロロフェナントロリン金水溶液（濃度：1.0 重量%）を配置し、他方の側には亜硫酸ナトリウム水溶液（濃度：5 重量%）を配置した。前記ジクロロフェナントロリン金水溶液を前記亜硫酸ナトリウム水溶液に比べて 5°C 高くなるように保持して、6 時間ジクロロフェナントロリン金錯体を還元し、亜硫酸ナトリウム側の表面付近に金を析出させて電極を形成し、さらに電極が形成された膜（イオン交換樹脂成形品）を裏返して、電極が形成さ

れた面の反対側の面へ同様の方法により電極を形成させた。この相対向する2つの面の両側面に電極が形成されたイオン交換樹脂成形品を $1.0\text{mm} \times 8\text{mm}$ の大きさに切断して実施例1のアクチュエータ素子を得た。

(実施例2)

イオン交換容量 1.44 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）に替えて、イオン交換容量 1.80 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフルオロカルボン酸、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）を得たこと以外は、実施例1と同様にして、実施例2のアクチュエータ素子を得た。

(実施例3)

フッ素樹脂系イオン交換樹脂からなるチューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製、イオン交換容量 1.44 meq/g ）を公知の押出成形方法により管状としたパーフルオロカルボン酸チューブ（イオン交換容量 1.44 meq/g 、内径 0.57 mm 、外径 0.65 mm ）の両端に、前記パーフルオロカルボン酸チューブと内径及び外径が同じプラスチックチューブ（シリコン製）を取り付けて、上部が開口した箱状である公知のガラス製容器に満たされた亜硫酸ナトリウム水溶液（濃度：10重量%）に前記パーフルオロカルボン酸チューブを浸漬した。前記パーフルオロカルボン酸チューブに取り付けたシリコン製チューブの一方からジクロロフェナントロリン金水溶液（濃度：1.0重量%）を流し入れ、公知のチューブポンプを用いてジクロロフェナントロリン金水溶液（濃度：1.0重量%）循環させた。前記ジクロロフェナントロリン金水溶液を前記亜硫酸ナトリウム水溶液に比べて 5°C 高くなるように8時間循環させて、亜硫酸ナトリウム側の外側面付近に金を析出させて電極を形成した。次いで、表面に金電極が形成したイオン交換樹脂成形品を取り出し、 70°C の水で1時間洗浄した。外側面に電極が形成された管状体であるイオン交換樹脂成形品に、エキシマレーザー照射装置を用いて、管状体の縦方向（長手方向）に絶縁溝を形成することにより電極部を長手方向に4分割

された縦長の電極とし、長さ 8 mm に切断して実施例 3 のアクチュエータ素子を得た。

(実施例 4)

イオン交換容量 1.44 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂チューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）に替えて、イオン交換容量 1.80 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂チューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）を得たこと以外は、実施例 3 と同様にして、実施例 4 のアクチュエータ素子を得た。

(比較例 1)

膜厚 200 μ m の膜状フッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製、イオン交換容量 1.44 meq/g）に、#800 のアルミナ粒子で表面粗化を行った後、下記(1)～(3)の工程を 8 サイクル繰り返して実施し、イオン交換樹脂成形品表面へ金電極を形成させた。(1)吸着工程：ジクロロフェナントロリン金塩化物水溶液に 12 時間浸漬し、成形品内にジクロロフェナントロリン金錯体を吸着させ、(2)析出工程：亜硫酸ナトリウムを含む水溶液中で、吸着したジクロロフェナントロリン金錯体を還元して、イオン交換樹脂成形品表面に金電極を形成させた。このとき、水溶液の温度を 60～80 $^{\circ}$ C とし、亜硫酸ナトリウムを徐々に添加しながら、6 時間ジクロロフェナントロリン金錯体の還元を行った。次いで、(3)洗浄工程：表面に金電極が形成したイオン交換樹脂成形品を取り出し、70 $^{\circ}$ C の水で 1 時間洗浄した。得られた金電極が形成されたイオン樹脂成形品を 1.0mm \times 8 mm の大きさに切断して比較例 1 のアクチュエータ素子を得た。

(比較例 2)

また、イオン交換容量 1.44 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）に替えて、イオン交換容量 1.80 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（パーフル

オロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）を得たこと以外は、比較例 1 と同様に、比較例 2 のアクチュエータ素子を得た。

（比較例 3）

膜状フッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品に替えて、フッ素樹脂系イオン交換樹脂チューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製、イオン交換容量 1.44 meq/g）を公知の押出成形方法により管状としたパーフルオロカルボン酸チューブ（イオン交換容量 1.44 meq/g、内径 0.57 mm、外径 0.65 mm）を用いたこと以外は比較例 1 と同様に、イオン交換樹脂成形品表面へ金電極を形成させた。#800 のアルミナ粒子で表面粗化は、管状としたパーフルオロカルボン酸チューブの外面に行った。外側面に電極が形成された管状体であるイオン交換樹脂成形品に、エキシマレーザー照射装置を用いて、管状体の縦方向（長手方向）に絶縁溝を形成することにより電極部を横方向に 4 分割された縦長の電極とし、長さ 8 mm に切断して比較例 3 のアクチュエータ素子を得た。

（比較例 4）

イオン交換容量 1.44 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂チューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）に替えて、イオン交換容量 1.80 meq/g のフッ素樹脂系イオン交換樹脂チューブ（パーフルオロカルボン酸樹脂、商品名「フレミオン」、旭硝子社製）を得たこと以外は、比較例 3 と同様に、比較例 4 のアクチュエータ素子を得た。

（評価）

実施例 1 及び 2 並びに比較例 1 および 2 のアクチュエータ素子について、それぞれの電極端部にリード線を介して電源と接続して、白金プレートを対向電極とした。次いで、各アクチュエータ素子を水中に保持し、電圧（0.1 Hz、2.0 V の方形波）を印加して変位量を測定した。また、実施例 3 及び 4 並びに比較例 3 及び 4 のアクチュエータ素子については、一組の対向する電極をそ

れぞれ陰極と陽極とし、それぞれの電極端部にリード線を介して電源と接続して、白金プレートを対向電極とした。次いで、各アクチュエータを水中に保持し、電圧（0.1 Hz、2.0 Vの方形波）を印加して変位量を測定した。なお、変位量は、実施例1～4並びに比較例1～4のアクチュエータ素子の一端から6 mmの位置で固定し、固定位置から5 mmの位置の変位量を確認し、下記の基準により評価した。結果を表1に示す。

(表1)

		実施例				比較例			
		1	2	3	4	1	2	3	4
イオン交換容量 (meq/g)		1.44	1.80	1.44	1.80	1.44	1.80	1.44	1.80
形状		膜状	膜状	管状	管状	膜状	膜状	管状	管状
電極 の 形 成	工程数	1	1	1	1	3	3	3	3
	工程繰返し数 (サイクル)	1	1	1	1	8	8	8	8
変位量 (mm)		1.0	2.0	0.5	0.8	1.0	2.0	0.5	0.8

実施例1の膜状であるアクチュエータ素子は、変位量が1 mmであり、比較例1のイオン交換容量が同じであって膜状のアクチュエータ素子と比較して同じ変位量を示し、良好な柔軟性を示す高分子アクチュエータ素子であった。実施例2の膜状のアクチュエータ素子についても、変位量が2 mmであり、比較例2のイオン交換容量が同じであって膜状のアクチュエータ素子と比較して同じ変位量を示し、良好な柔軟性を示す高分子アクチュエータ素子であった。実施例3及び4の管状アクチュエータ素子は、イオン交換容量が同じである比較例3及び4のそれぞれ管状アクチュエータ素子と同等の変位量を示し、良好な柔軟性を示す高分子アクチュエータ素子であった。

本発明の製造方法により電極が形成された実施例1～4のアクチュエータ素子は、イオン交換樹脂成形品の形状とイオン交換容量とが対応する比較例1～

4 のアクチュエータ素子と変位量が同等であり、従来の方法により電極が形成された場合と変位量が変わることがなかった。比較例 1～4 において、従来の電極形成方法としてアクチュエータ素子の電極を形成するための工程は吸着工程、還元工程及び洗浄工程の 3 工程を 8 回繰り返した。これに対して、実施例 1～4 では、本発明の電極形成方法として電極形成に要する工程は、金属錯体の浸透と還元とが 1 工程で行われて、繰返しも行われなかった。このため、実施例 1～4 は、比較例 1～4 に比べて電極を形成するために要した時間が 10 分の 1～7 分の 1 程度に短縮することができた。

また、比較例 1～4 のアクチュエータ素子を得るに際しては、電極の形成のために、吸着工程、還元工程及び洗浄工程の各工程ごとに固体電解質成形品を溶液から引き上げる必要があるので、人手を要し、機械化した場合であっても大掛かりな装置が必要となる。これに対して実施例 1～4 のアクチュエータ素子は、吸着工程、及び還元工程を 1 工程で行うことができ、必要な量の金属錯体の吸着を連続して行うことができるために、従来の電極形成方法である比較例 1～4 に比べて、人手を削減することができ、自動化も容易である。

産業上の利用可能性

固体電解質層と電極部を備えた積層体の製造において、電極の形成に本発明の電極形成方法を用いることにより、電極の形成に必要な工程数を少なくすることができるので、アクチュエータ素子等に使用可能な積層体の製造に必要な時間を大幅に削減することが可能となり、積層体の大量生産が容易となる。また、吸着若しくは還元のために溶液に浸漬した固体電解質を引き上げることが 1 回で行うことができ、人手を削減することができ積層体の製造を容易に自動化することが可能となる。

請 求 の 範 囲

1. 固体電解質成形品を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液とが配され、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の還元剤溶液側の界面付近に金属を析出させて固体電解質成形品に電極を形成する電極形成方法。
2. 前記固体電解質成形品が相対する2面を備えている請求の範囲第1項に記載の電極形成方法。
3. 前記固体電解質成形品が管状若しくは筒状の固体電解質成形品であり、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることが、
 - (1) 前記固体電解質成形品の外側面が還元剤溶液と接するように前記固体電解質成形品を還元剤溶液に浸漬し、金属塩溶液を前記固体電解質成形品の内側に流して、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の外側面に金属を析出させる工程、または
 - (2) 前記固体電解質成形品の外側面が金属塩溶液と接するように前記固体電解質成形品を金属塩溶液に浸漬し、還元剤溶液を前記固体電解質成形品の内側に流して、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の内側面に金属を析出させる工程、のいずれかの工程により行われる電極形成方法。
4. 請求の範囲第1項に記載の電極形成方法により電極を形成するアクチュエータ素子の製造方法。
5. 請求の範囲第3項に記載の電極形成方法により電極を形成するアクチュエータ素子の製造方法。
6. 請求の範囲第3項に記載の電極形成方法により電極を形成する固体電極層と

電極層との積層体の製造方法。

7. 前記固体電解質層がイオン交換樹脂層である請求の範囲第6項に記載の積層体の製造方法。

8. 厚さが1 mm以上である固体電解質層と電極層とを備えた積層体。

9. 請求の範囲第8項の積層体を用いた電気化学的デバイス。

10. 請求の範囲第8項の積層体をアクチュエータ素子として用いたアクチュエータ。

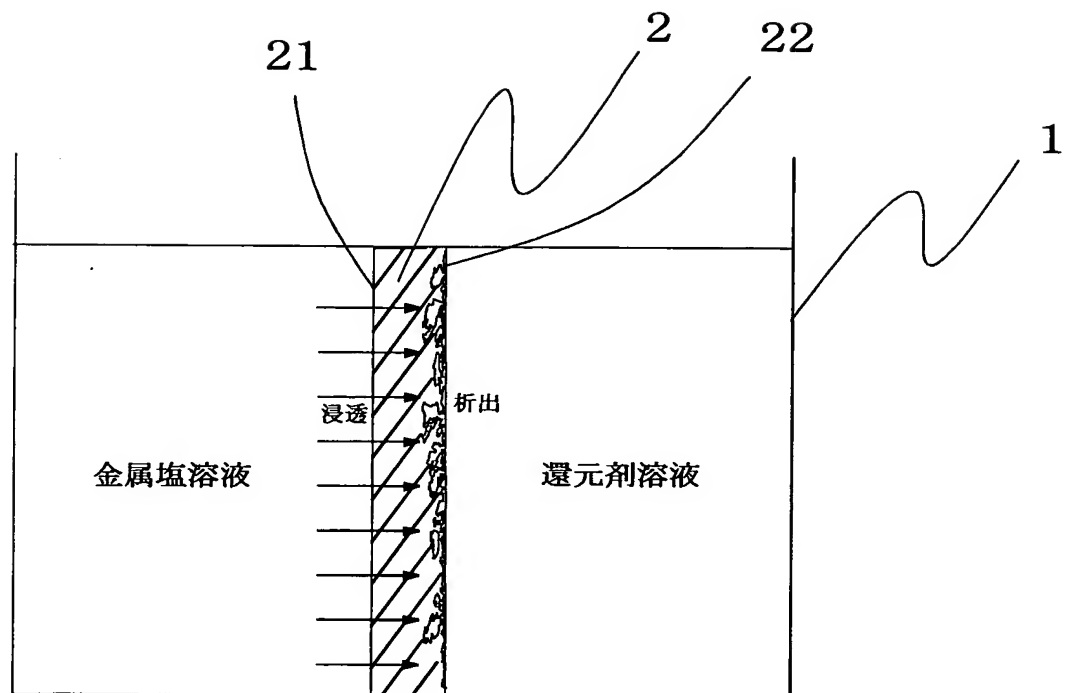
11. 請求の範囲第8項の積層体を駆動部に用いた位置決め装置、姿勢制御装置、昇降装置、搬送装置、移動装置、調節装置、調整装置、誘導装置、関節装置、切替え装置、反転装置、巻取り装置、牽引装置、または旋回装置。

12. 請求の範囲第8項の積層体を、押圧部に用いた押圧装置。

要 約 書

固体電解質に形成される電極層の形成方法について、大きな電極表面積を有する電極層を得ることが可能な方法で、しかも、電極層の形成に要する工程数を短縮でき、人手も削減する電極層の形成方法を提供する。固体電解質成形品を挟んで金属塩溶液と還元剤溶液とが配され、前記金属塩溶液を前記固体電解質成形品に浸透させることにより、前記固体電解質成形品の還元剤溶液側の界面付近に金属を析出させて固体電解質成形品に電極を形成する電極形成方法を用いる。

第1図



第2図

